Artisanal fisheries in La Paz Bay and adjacent oceanic area (Gulf of California, Mexico)

La pesquería artesanal en la Bahía de La Paz y su área oceánica adyacente (Golfo de California, México)

M Vázquez-Hurtado, M Maldonado-García*, CH Lechuga-Devéze, H Acosta-Salmón, A Ortega-Rubio

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC (CIBNOR), Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, 23090, Baja California Sur, Mexico. * E-mail: minervam04@cibnor.mx

ABSTRACT. We analyzed the artisanal fishery capture data for La Paz Bay (Baja California Sur, Mexico) from 1998 to 2005. Capture data were related to the reproductive cycle of each species. Complete fishing records for 18 species of commercial importance belonging to eight families were identified. The most frequently captured species in La Paz Bay was the Pacific red snapper *Lutjanus peru*, with 43% of the total capture. This species was followed in importance by the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*, other groupers (Serranidae), and the jacks (Carangidae), with 18.8%, 15%, and 7.3% of the capture, respectively. Other commercial species captured in smaller amounts included the yellowfin tuna *Thunnus albacares*, the California flounder (or California halibut) *Paralichthys californicus*, the flathead mullet *Mugil cephalus*, the goliath grouper *Epinephelus itajara*, and different species of mojarra (Gerreidae). With few exceptions, catches outside the bay were higher than in the inner bay. All species were caught throughout the year regardless of their reproductive season. We recommend the implementation of fishery regulations for La Paz Bay, especially in the case of the Pacific red snapper, since it is the most exploited. Currently, overexploitation and possible local shortage of species may occur at any time and without warning in the near future. Aside from fishery management, an attractive option for increasing the supply of marine resources in the area is to use the inner bay for marine fish farming.

Key words: artisanal fishery, fishing resources, La Paz Bay.

RESUMEN. Se analizaron datos de captura de la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz (Baja California Sur, México) de 1998 a 2005 y se relacionaron con las temporadas reproductivas de cada una de las especies capturadas. Se identificaron registros completos de 18 especies de importancia comercial pertenecientes a ocho familias. La especie más capturada en la Bahía de La Paz fue el huachinango *Lutjanus peru*, con 43% de la captura total. Le siguieron en orden de volumen de captura el pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*, otras cabrillas y pargos (Serranidae), y las diferentes especies de jurel (Carangidae), con 18.8%, 15% y 7.3%, respectivamente. Otras especies de importancia comercial capturadas en la bahía fueron el atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, el lenguado *Paralichthys californicus*, la lisa *Mugil cephalus*, el mero *Epinephelus itajara* y las diferentes especies de mojarras (Gerreidae). Salvo pocas excepciones, todas las capturas fueron mayores en la parte externa de la bahía que en la parte interna. Todas las especies fueron capturadas durante todo el año independientemente de su temporada de reproducción. Se recomienda la implementación de regulaciones pesqueras en la Bahía de La Paz, en particular para el huachinango por ser la especie más explotada. Bajo el esquema actual de explotación es posible que se presente sobreexplotación y posibles reducciones de las poblaciones locales en cualquier momento y sin aviso dentro de un futuro próximo. Además del manejo de la pesquería, otra opción atractiva para incrementar el suministro de los recursos marinos en el área es el uso de la parte interna de la bahía para la maricultura.

Palabras clave: pesqueria artesanal, recursos pesqueros, Bahía de La Paz.

INTRODUCTION

Fisheries analyses provide important data to determine future directives for the sustainable management of fisheries resources (Stauffer and Kocovsky 2007). Stock abundance studies assist in defining, for example, sites of reproduction or spawning aggregation, juvenile recruitment areas, and fishing zones (Gladstone 2007). Fisheries research coupled with information on the biology of species under commercial exploitation also help to determine fishing bans to prevent activity during the reproductive periods, maintaining the capacity of a given species to recruit young individuals to the

INTRODUCCIÓN

La evaluación de pesquerías proporciona datos importantes para determinar futuras medidas para el manejo sustentable de los recursos pesqueros (Stauffer y Kocovsky 2007). Estudios sobre la abundancia de poblaciones ayudan a definir, por ejemplo, los sitios de reproducción o desove, las áreas de reclutamiento de jóvenes y las zonas de pesca (Gladstone 2007). La investigación pesquera junto con información sobre la biología de especies sujetas a explotación comercial también ayudan a determinar las vedas de pesca para suspender esta actividad durante las temporadas de

environment and, thus, ensuring the survival of the species and its fishery in a given zone (Castello *et al*. 2009).

La Paz Bay, in the Gulf of California (Mexico), is a region of great economical importance since it supplies both marine products (sea food) and services (e.g., diving, sport fishing, sightseeing) (Casas *et al*. 1996, de los Monteros 2002). Artisanal (low tech) fishing is an important activity in Mexico. Coastal and migratory pelagic fishes are exploited, and in 2004 artisanal fisheries contributed around 40% of the national total capture (Arreguín-Sánchez *et al*. 2004). The National Fisheries Institute (INP) has recorded approximately 550 shallow-draft, 7-m-long (22 ft) fishing boats (Arreguín-Sánchez *et al*. 2004) operated by private companies or government assisted.

Within La Paz Bay, there are sites that are preferred by local fishermen to obtain better catches. The preferred fish species include the snappers *Lutjanus peru* and *L. guttatus*; the bass *Paralabrax maculatofasciatus*, *Epinephelus analogus*, *E. labriformis*, and *Mycteroperca rosacea*; the jacks *Caranx hippos*, *C. caballus*, *C. marginatus*, and *Seriola lalandi*; and the ocean whitefish *Caulolatilus princeps* (Ramírez-Rodríguez 1997, Ramírez-Rodríguez and Hernández-Herrera 2000). Many of the commercial species are captured on a year-round basis and no bans or size limits exist.

La Paz Bay is a very diverse ecosystem where sandy, rocky, coral, and mangrove areas are commonly found. It represents an important ecological asset that has permitted the maintenance of fishing activity for more than 400 years, which constitutes one of the main sources of sustenance for its inhabitants. Nowadays, in spite of the fluctuations in supply and demand caused by fluctuations of the fishing resources, as well as environmental and economic conditions, fishing continues to be an important local activity (Urbán-Ramírez and Ramírez-Rodríguez 1997).

Environmental conditions within La Paz Bay are favorable for artisanal fishing; however, currently there are no management plans and there is very little understanding of the fishery resources and the way these are being exploited. Furthermore, there are no analyses of landings and environmental factors to help predict future capture trends. This work analyzed the artisanal fishery capture data from La Paz Bay during a period of eight years, and coupled this information with the reproductive period of each species with the aim of contributing to the sustainable management of the fishing resources in the bay.

MATERIAL AND METHODS

We analyzed the artisanal fishery capture data from La Paz Bay from 1998 to 2005. Fishing records were provided by the National Commission of Aquaculture and Fishing (CONAPESCA). Since captures are traditionally logged-in using species common names, the *FishBase* electronic database (Froese and Pauly 2007) and the Fishing Atlas of

reproducción y mantener la capacidad de una cierta especie de reclutar individuos jóvenes al ambiente, asegurando así la supervivencia de la especie y su pesquería en una cierta zona (Castello *et al*. 2009).

La Bahía de La Paz, en el Golfo de California (México), es una región de gran importancia comercial ya que proporciona tanto productos marinos (mariscos y pescado) como servicios recreacionales (e.g., buceo, pesca deportiva, turismo) (Casas *et al*. 1996, de los Monteros 2002). La pesca artesanal (de baja tecnología) es una actividad importante en México. Se capturan peces pelágicos costeros y migratorios, y en 2004 las pesquerías artesanales contribuyeron alrededor de 40% de la captura total nacional (Arreguín-Sánchez *et al*. 2004). El Instituto Nacional de la Pesca (INP) ha registrado aproximadamente 550 barcos pesqueros de poco calado y 7 m de largo (Arreguín-Sánchez *et al*. 2004), los cuales son operados por compañías privadas o con asistencia gubernamental.

Los pescadores locales tienen sus sitios preferidos dentro de la Bahía de La Paz donde obtienen mejores capturas. Las especies de peces más capturadas son el huachinango *Lutjanus peru*; el pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*; las cabrillas *Paralabrax maculatofasciatus*, *Epinephelus analogus*, *E. labriformis* y *Mycteroperca rosacea*; los jureles *Caranx hippos*, *C. caballus*, *C. marginatus* y *Seriola lalandi*; y la pierna *Caulolatilus princeps* (Ramírez-Rodríguez 1997, Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera 2000). Varias de las especies comerciales se capturan durante todo el año y no existen vedas o límites de talla.

La Bahía de La Paz es un ecosistema muy diverso, encontrándose áreas arenosas, rocosas, coralinas y de manglares. Se considera una zona de importancia ecológica donde la pesca se ha realizado durante más de 400 años, siendo una de las principales fuentes de sustento de los habitantes. Hoy en día, a pesar de fluctuaciones en la oferta y demanda causada por variaciones de los recursos pesqueros, así como por condiciones ambientales y económicas, la pesca sigue siendo una importante actividad local (Urbán-Ramírez y Ramírez-Rodríguez 1997).

Las condiciones ambientales dentro de la Bahía de La Paz son favorables para la pesca artesanal; sin embargo, actualmente no hay planes de manejo y existe poco conocimiento de los recursos pesqueros y cómo se explotan. Además, no se han analizado los desembarques ni los factores ambientales para poder predecir las tendencias futuras de captura. En este estudio se analizaron datos de captura de la pesquería artesanal en la Bahía de La Paz durante un periodo de ocho años y se relacionaron con las temporados reproductivas de cada especie con el objetivo de contribuir al manejo sustentable de los recursos pesqueros de esta bahía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron datos de captura de la pesquería artesanal de Bahía de La Paz para el periodo de 1998 a 2005, los

Mexico (*Atlas Pesquero de México*, INP 1994) were used to identify the species reported in the registries. Landing weight, sale price, total value, and capture site data were evaluated.

Fishermen use the whole area of La Paz Bay and capture records do not specify the exact locality within the bay, but refer to different sites within the bay, near the coast, and around the Espíritu Santo or San José islands. For practical reasons, we organized these sites into "inner bay" (IB) for captures inside La Paz Bay and "outer bay" (OB) for captures in the oceanic areas off San José and Espíritu Santo islands (fig. 1). Once identified, the proportion of species from the IB and OB capture areas was determined.

Capture data were related to the reproductive cycle of each species based on previous studies (Dooley 1978, Ochoa *et al*. 1991, Arellano *et al*. 2001, Avilés and Castelló 2004, Díaz-Uribe *et al*. 2004, Froese and Pauly 2007).

RESULTS

Complete fishing records for 18 species of commercial importance belonging to eight families were identified (table 1). The most frequently captured species in La Paz Bay

cuales fueron proporcionados por el Consejo Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). En vista de que las capturas tradicionalmente se registran con los nombre comunes de las especies, se utilizó la base de datos electrónica *FishBase* (Froese y Pauly 2007) y el *Atlas Pesquero de México* (INP 1994) para identificar las especies reportadas en los registros. Se evaluaron datos del peso desembarcado, el precio de venta, el valor total y el sitio de captura.

Los pescadores utilizan toda la Bahía de La Paz pero los registros de captura no especifican el sitio exacto, sino más bien indican si la captura se realizó dentro de la bahía, cerca de la costa o alrededor de las islas Espíritu Santo y San José. Por razones prácticas, se dividieron estos sitios en dos grupos, los que se localizan en la parte interna de la bahía y los que se localizan en la parte externa de la bahía, en áreas oceánicas alrededor de las islas San José y Espíritu Santo (fig. 1). Una vez identificadas, se determinó la proporción de especies capturadas en las dos partes.

Los datos de captura se relacionaron con el ciclo reproductivo de cada especie con base en estudios previos (Dooley 1978, Ochoa *et al*. 1991, Arellano *et al*. 2001, Avilés y Castelló 2004, Díaz-Uribe *et al*. 2004, Froese y Pauly 2007).

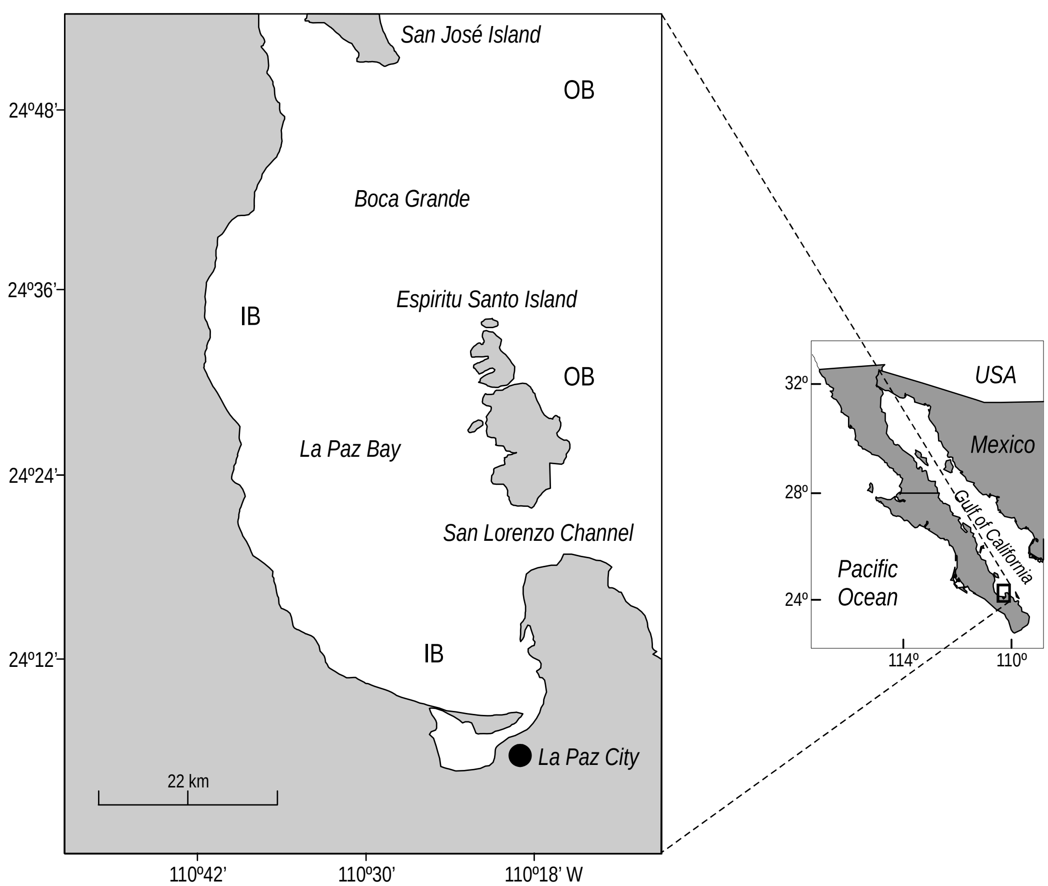


Figure 1. Artisanal fishing areas around La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. IB: inner bay; OB: outer bay.

Figura 1. Zonas de pesca artesanal alrededor de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. IB: parte interna de la bahía; OB: parte externa de la bahía.

between 1998 and 2005 was the Pacific red snapper *L. peru*, with 43% of the total capture. This species was followed in importance by the spotted rose snapper *L. guttatus*, some members of the family Serranidae, and the jacks (Carangidae), with 18.8%, 15%, and 7.3% of the capture, respectively (fig. 2).

In addition to these species, other commercial species captured in smaller amounts included yellowfin tuna *Thunnus albacares*, flounder (or California halibut) *Paralichthys californicus*, flathead mullet *Mugil cephalus*, and goliath grouper *Epinephelus itajara*, as well as silver mojarra *Eucinostomus argenteus*, graceful mojarra *E. gracilis*, and yellowfin mojarra *Gerres cinereus* (fig. 3).

In general, captures in the OB were higher than in the IB during the study period (1998–2005); however, in 2003 there was an important decrease in captures in the OB, while captures in the IB increased (figs. 2, 3).

Table 2 shows the mean commercial landed value of the species. The Pacific red snapper and the goliath grouper showed the highest value, followed by other groupers (Serranidae), the California flounder, and the spotted rose

RESULTADOS

Se identificaron registros de pesca completos para 18 especies de importancia comercial pertenecientes a ocho familias (tabla 1). La especie más capturada en la Bahía de La Paz entre 1998 y 2005 fue el huachinango *L. peru*, con 43% de la captura total. A esta especie le siguieron en importancia el pargo lunarejo *L. guttatus*, algunos miembros de la familia Serranidae y las especies de Carangidae, con 18.8%, 15% y 7.3% de la captura, respectivamente (fig. 2).

También se capturaron, en menor cantidad, otras especies de importancia comercial, incluyendo el atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, el lenguado *Paralichthys californicus*, la lisa *Mugil cephalus* y el mero *Epinephelus itajara*, así como las mojarras *Eucinostomus argenteus*, *E. gracilis* y *Gerres cinereus* (fig. 3).

En general, las capturas fueron mayores en la parte externa de la bahía que en la parte interna durante el periodo de estudio (1998–2005); sin embargo, en 2003 las capturas decrecieron significativamente en la parte externa e incrementaron en la parte interna (figs. 2, 3).

Table 1. Total capture volume (tons) and percentage of total capture of species of commercial importance landed by artisanal fishermen from 1998 to 2005 in La Paz Bay (Baja California Sur, Mexico). IB, inner bay; OB, outer bay.

Tabla 1. Volumen de captura total (toneladas) y porcentaje de la captura total de las especies de importancia comercial capturadas por la pesquería artesanal durante el periodo de 1998 a 2005 en la Bahía de La Paz (Baja California Sur, México). IB, parte interna de la bahía; OB, parte externa de la bahía.

Family	Common Name	Species	Total capture	Capture area	
				IB %	OB %
Lutjanidae	Pacific red snapper	*Lutjanus peru* (Nichols & Murphy 1922)	699 (43.0%)	21	79
	Spotted rose snapper	*Lutjanus guttatus* (Steindachner 1869)	305 (18.8%)	31	69
Serranidae	Goliath grouper*	*Epinephelus itajara* (Lichtenstein 1822),	88 (5.4%)	5	95
	Other groupers	*Mycteroperca rosacea* (Streets 1877), *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner 1868), *Epinephelus analogus* Gill 1864, *Epinephelus labriformis* (Jenyns 1843)	156 (9.6%)	42	58
Carangidae	Jacks	*Caranx hippos* (Linnaeus 1766), *Caranx caballus* Günther 1868, *Caranx marginatus* Gill 1866, *Seriola lalandi* Valenciennes 1833	119 (7.3%)	14	86
Malacanthidae	Ocean whitefish	*Caulolatilus princeps* (Jenyns 1842)	111 (6.8%)	19	81
Paralichthydae	California flounder	*Paralichthys californicus* (Ayres 1859)	57 (3.5%)	35	65
Gerreides	Mojarras	*Eucinostomus argenteus* Baird & Girard 1855, *Eucinostomus gracilis* (Gill 1862), *Gerres cinereus* (Walbaum 1792)	57 (3.5%)	31	69
Mugilidae	Flathead mullet	*Mugil cephalus* Linnaeus 1758)	21 (1.3%)	13	87
Scombridae	Yellowfin tuna	*Thunnus albacares* (Bonnaterre 1788)	11 (0.7%)	19	81
Total			1624	23	77

* The goliath grouper is the major contributor to captures of species of the Serranidae family and was included as a separate entry on the list.

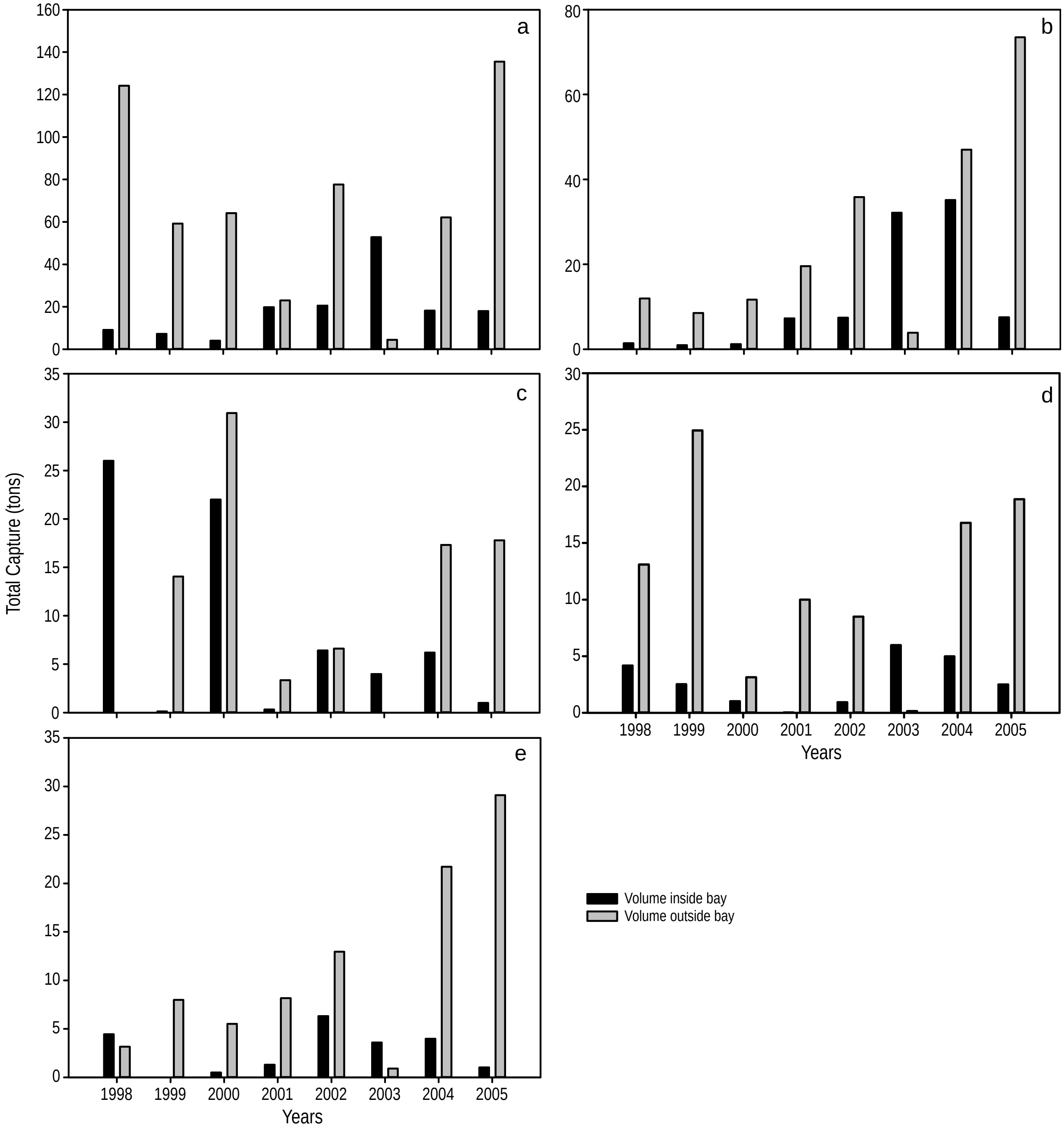


Figure 2. Yearly total capture (tons) inside and outside La Paz Bay of commercially important species from 1998 to 2005.
Figura 2. Captura total anual (toneladas) en la parte interna y la parte externa de la Bahía de La Paz de especies de importancia comercial durante el periodo de 1998 a 2005.
(**a**) *Lutjanus peru*; (**b**) *Lutjanus guttatus*; (**c**) *Mycteroperca rosacea*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Epinephelus analogus*, *Epinephelus labriformis*; (**d**) *Caranx hippos*, *Caranx caballus*, *Caranx marginatus*, *Seriola lalandi*; (**e**) *Caulolatilus princeps*.

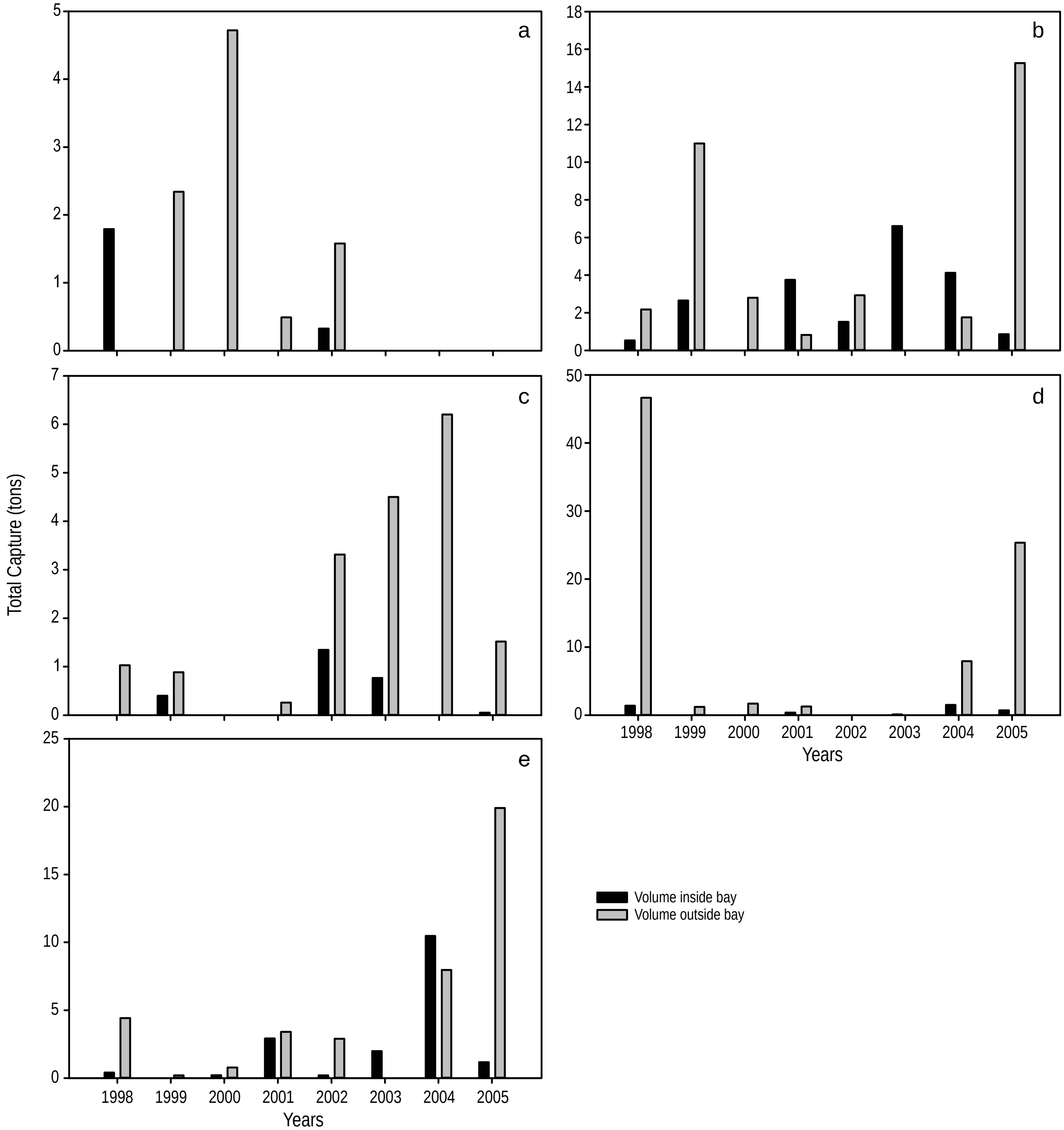


Figure 3. Yearly total capture (tons) of commercially important species that are occasionally captured in La Paz Bay.
Figura 3. Captura total anual (toneladas) de especies de importancia comercial que se capturan ocasionalmente en la Bahía de La Paz.
(**a**) *Thunnus albacares*; (**b**) *Paralichthys californicus*; (**c**) *Mugil cephalus*; (**d**) *Epinephelus itajara*; (**e**) *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gracilis*, *Gerres cinereus*.

snapper. Lower-priced species included the yellowfin tuna, flathead mullet, and mojarras.

Figures 4 and 5 show the reproductive periods for each species and the time at which captures occurred. All species were caught throughout the year regardless of their reproductive season. The yellowfin tuna and the flathead mullet were captured during their breeding season ban.

DISCUSSION

Rational management of resources considers all fishing activities and finds a balance between the economic, ecological, and social benefits (Arreguín-Sánchez *et al*. 2004). The main fisheries resources in La Paz Bay are being exploited with little or no interest in their reproductive seasons. For example, the Pacific red snapper was the most fished species in both IB and OB, and it was captured all year-round. If the red snapper fishery remains artisanal, it may continue healthy for a number of years and not show signs of collapse. However, this is not likely since there is an ever-increasing demand for fresh products in the local, regional, national, and international markets, especially in Asian countries. Approximately 70% of the artisanal fishing efforts were directed towards the families Lutjanidae and Serranidae, which are more valuable. The red snappers were the most important species in terms of capture volume, and this high proportion of the fishing effort towards snappers has previously been highlighted for fisheries on the western coast of the Gulf of California (Díaz-Uribe *et al*. 2004). Snappers are popular species, and the preference for red snappers is not limited to the Gulf of California but extends to world-wide fisheries. (Blaber *et al*. 2005, Fry *et al*. 2009).

The sustainability of the red snapper fishery in the state of Baja California Sur has been previously questioned

La tabla 2 muestra el valor promedio del desembarque comercial de las especies. El huachinango *L. peru* y el mero *Epinephelus itajara* presentaron el mayor valor, seguidos por otros miembros de la familia Serranidae, el lenguado *P. californicus* y el pargo lunarejo *L. guttatus*. Las especies de menor precio incluyeron el atún aleta amarilla *T. albacares*, la lisa *M. cephalus* y las mojarras.

Las figuras 4 y 5 muestran las temporadas de reproducción de cada especie y cuándo se realizaron las capturas. Todas las especies fueron capturadas durante todo el año sin considerar sus temporadas reproductivas, y *T. albacares* y *M. cephalus* fueron capturadas durante su temporada de veda.

DISCUSIÓN

El manejo racional de los recursos toma en consideración todas las actividades pesqueras y encuentra un balance entre los beneficios económicos, ecológicos y sociales (Arreguín-Sánchez *et al*. 2004). Los principales recursos pesqueros en la Bahía de La Paz se están explotando con ningún o poco interés en sus temporadas de reproducción. Por ejemplo, *L. peru* fue la especie más capturada tanto en la parte interna como la externa, y se pescó durante todo el año. Si la pesquería del huachinango sigue siendo artesanal, puede continuar siendo saludable durante varios años y no mostrar señales de colapso; sin embargo, esto no parece ser probable por la creciente demanda de productos frescos en los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales, especialmente en países asiáticos. Aproximadamente 70% del esfuerzo de la pesca artesanal estuvo dirigida hacia las familias Lutjanidae y Serranidae, las cuales son de mayor valor comercial. La especie más importante en cuanto al volumen de captura fue *L. peru*. Díaz-Uribe *et al*. (2004) también enfatizaron el alto nivel de esfuerzo pesquero dirigido hacia el huachinango en

Table 2. Price range (US$/ton*) during 1998–2005 of the species of commercial importance caught in La Paz Bay (Baja California Sur, Mexico).

Tabla 2. Intervalo de precio (US$/tonelada*) durante el periodo de 1998 a 2005 de las especies de importancia comercial capturadas en la Bahía de La Paz (Baja California Sur, México).

Species	Common name	Inner bay	Outer bay
Lutjanus peru	Pacific red snapper	1340–2234	1340–1608
Epinephelus itajara	Goliath grouper	1251–3395	1519–2234
Mycteroperca rosacea, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Epinephelus analogus*, *Epinephelus labriformis*	Groupers	1162–2234	1429–1966
Paralichthys californicus	California flounder	804–1429	893–1340
Lutjanus guttatus	Spotted rose snapper	625–1429	625–1340
Caulolatilus princeps	Ocean whitefish	536–1162	448–804
Seriola lalandi	Yellowtail amberjack	448–893	536–1072
Thunnus albacares	Yellowfin tuna	268–625	536–715
Mugil cephalus	Flathead mullet	268–536	268–625
Gerreides	Mojarras	178–536	268–448

* Exchange rate, May 2006: $11.19 MXN/USD.

(Díaz-Uribe *et al*. 2004), since in La Paz Bay, one of the most productive areas for red snapper in the state, 50% of the fish caught are undersized (<40 cm) and reproductively immature (Rocha-Olivares 1991). Furthermore, as has been shown in the present study, all commercial fish are caught during their reproductive season. Previous studies have shown that the red snapper fishery on the west coast of the Gulf of California has little room for development if left unregulated.

With the exception of the yellowfin tuna and the flathead mullet, currently there is no fishing ban, size limits, or fishing quotas for any of the species, and all of them are captured during their reproductive season. Fishing efforts are likely to increase in the future to meet the ever-increasing demand and a more controlled fishery needs to be established to conserve the resource. Since the snapper fishery receives over 50% of the fishing effort, this is the fishery that needs immediate attention and requires regulations. A practical scenario to regulate this fishery should include the establishment of a minimum capture size (i.e., >40 cm, Rocha-Olivares 1991), as well as a fishing ban during the months of active reproduction (i.e., August to October for the Pacific red snapper and April to July for the spotted rose snapper; Santamaría-Miranda *et al.* 2003).

The 18 species considered in the present study represent a fraction of the total commercial species captured in La Paz Bay. Within the study period, a total of 26 fish species were captured; however, we selected the records for these 18 species since they were the only complete records covering the whole study period.

A higher capture volume (76%) was taken in the OB. There are physical differences between the OB and the IB that are likely to influence the amount and size distribution of the fish taken from these sites. For example, the IB has more shallow inlets, with an abundance of rocks and coral (Prchalova *et al*. 2009). Fishing sites around the islands in the OB are deeper and larger fish are commonly caught at these sites (Erisman *et al*. 2007). In view of the more coastal characteristics of the IB, the fishing areas are populated by younger fish (juveniles). With few exceptions, capture volume in the OB was always higher than in the IB. One exception to this pattern was seen in 2003, when few captures were obtained in the OB. The year 2001 marked the end of a long El Niño season (Maldonado-García *et al*. 2010) that may have had significant effects on the recruitment of the different species. Fluctuations in the landing volumes have been previously related to environmental changes caused by El Niño seasons (Díaz-Uribe *et al*. 2004). The low landing volume recorded in 2003 may have been caused, in part, by this occurrence. It is important to conduct similar studies to relate the occurrence of El Niño with captures in the following years, once conditions return to normal, to determine the extent of the effect of El Niño on the artisanal fisheries of La Paz Bay.

There were wider fluctuations in landing volume in the OB than in the IB. Since the fishery remains artisanal

las pesquerías de la costa occidental del Golfo de California. Los lutjánidos son especies populares y de interés preferente no sólo en el Golfo de California sino a nivel mundial (Blaber *et al*. 2005, Fry *et al*. 2009).

Ya se ha cuestionando la sustentabilidad de la pesquería del huachinango en el estado de Baja California Sur (Díaz-Uribe *et al.* 2004) en vista de que en la Bahía de La Paz, una de las zonas más productivas de esta especie en el estado, aproximadamente 50% de los organismos capturados son sexualmente inmaduros y miden <40 cm (Rocha-Olivares 1991). Además, como se ha demostrado en el presente trabajo, todos los peces comerciales se capturan durante su temporada de reproducción. Otros estudios también han mostrado que la pesquería del huachinango en la costa occidental del Golfo de California tiene pocas posibilidades de desarrollarse si no se regula.

Actualmente no existen vedas, límites de talla o cuotas de pesca para las especies, con excepción de *T. albacares* y *M. cephalus*, y todas las especies se capturan durante su temporada de reproducción. Lo más probable es que incrementen los esfuerzos de pesca en el futuro para cubrir la creciente demanda y es necesario establecer una pesquería más controlada para conservar los recursos. Ya que la pesquería de lutjánidos recibe >50% del esfuerzo pesquero, ésta es la pesquería que requiere atención inmediata y necesita ser regulada. Un escenario práctico para su regulación debería incluir un tamaño mínimo de captura (i.e., >40 cm, Rocha-Olivares 1991), así como una veda de pesca durante los meses de reproducción (i.e., de agosto a octubre para *L. peru* y de abril a julio para *L. guttatus*; Santamaría-Miranda *et al.* 2003).

Las 18 especies consideradas en este estudio representan una fracción del total de especies comerciales que se capturan en la Bahía de La Paz. Dentro del periodo de estudio, se capturaron un total de 26 especies ícticas; sin embargo, sólo se seleccionaron los registros de estas 18 especies por ser los únicos completos que cubrían todo el periodo de estudio.

Se registró un mayor volumen de captura (76%) en la parte externa de la bahía. Existen diferencias físicas entre la parte externa y la interna que probablemente afectan la cantidad y la distribución de talla de los peces capturados en estos sitios. Por ejemplo, en la parte interna se encuentran varias ensenadas someras con una abundancia de rocas y corales (Prchalova *et al*. 2009). Las zonas de pesca alrededor de las islas en la parte externa son más profundas y generalmente se capturan peces de mayor tamaño en estos sitios (Erisman *et al*. 2007). Debido a las características más costeras de la parte interna de la bahía, los sitios de pesca están poblados por peces más jóvenes. Salvo pocas excepciones, el volumen de captura en la parte externa siempre fue mayor que en la parte interna. Una excepción a este patrón se observó en 2003, cuando se obtuvieron pocas capturas en la parte externa. En 2001 finalizó un evento largo de El Niño (Maldonado-García *et al*. 2010) que pudo haber tenido efectos significativos en el reclutamiento de las diferentes

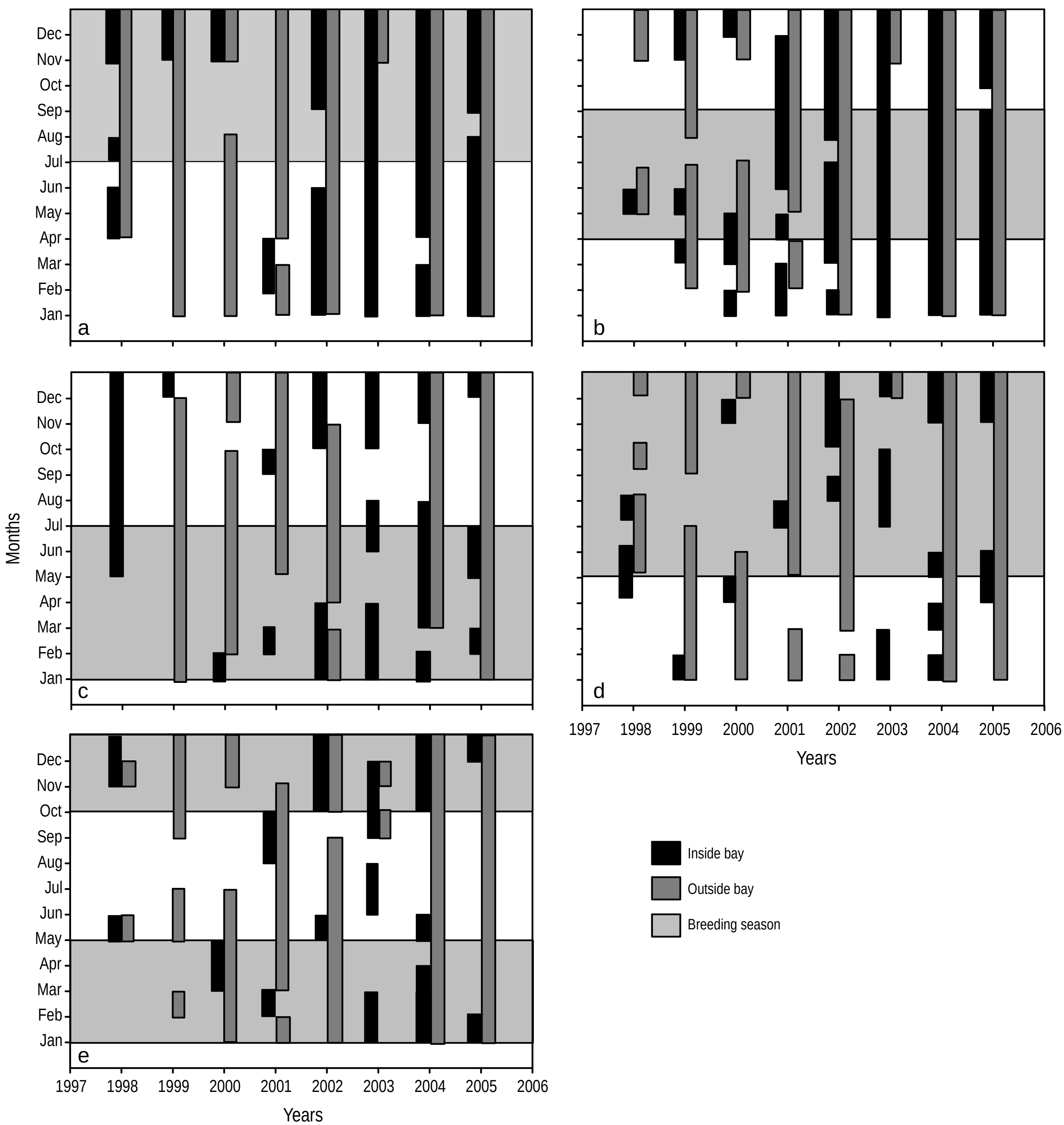


Figure 4. Breeding season and fishing periods inside and outside La Paz Bay.
Figura 4. Temporada de reproducción y periodos de pesca en la parte interna y la parte externa de la Bahía de La Paz.
(**a**) *Lutjanus peru*; (**b**) *Lutjanus guttatus*; (**c**) *Mycteroperca rosacea*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Epinephelus analogus*, *Epinephelus labriformis*; (**d**) *Caranx hippos*, *Caranx caballus*, *Caranx marginatus*, *Seriola lalandi*; (**e**) *Caulolatilus princeps*.

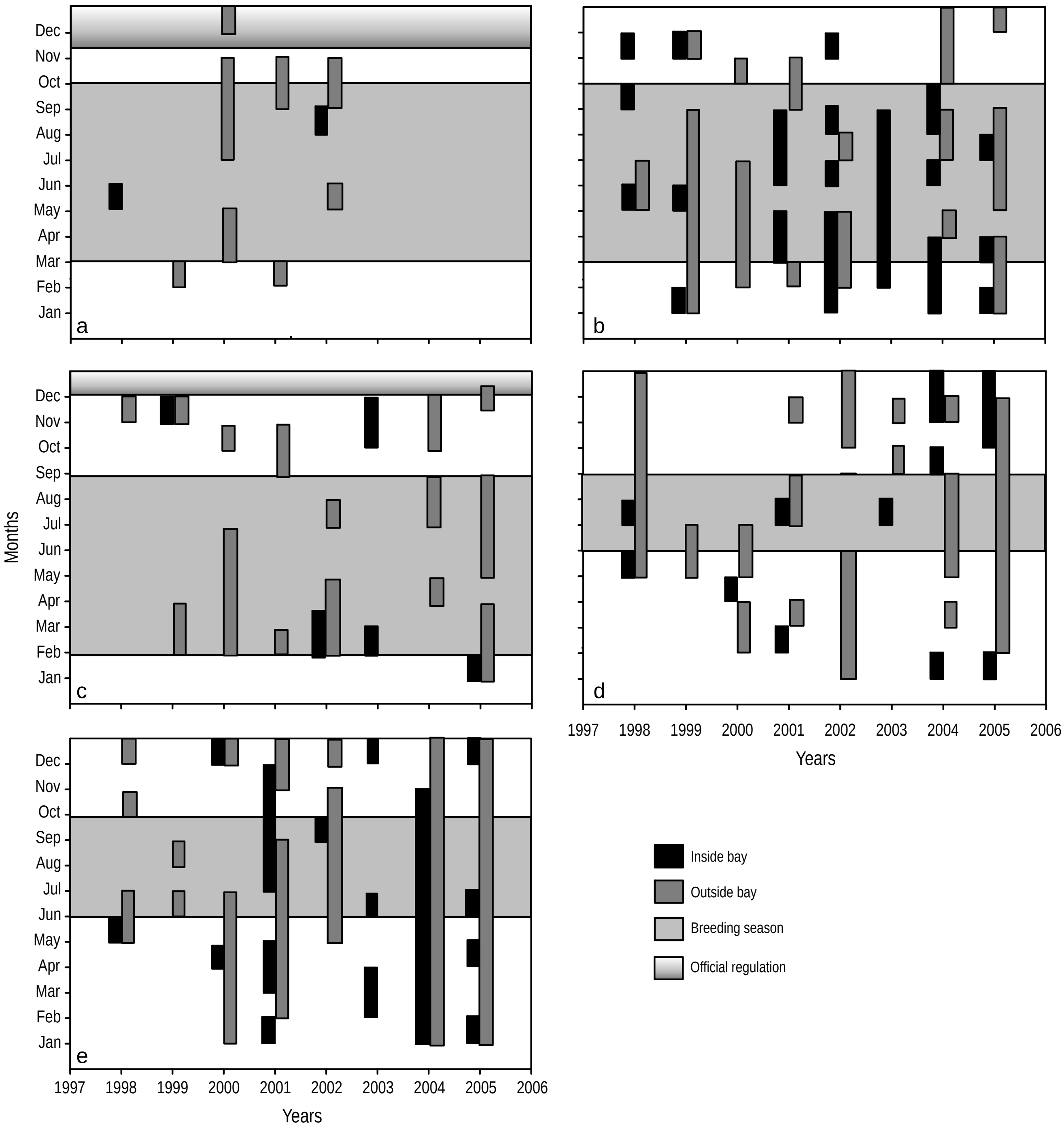


Figure 5. Breeding season and fishing periods inside and outside La Paz Bay. Official ban seasons are shown for two species.

Figura 5. Temporada de reproducción y periodos de pesca en la parte interna y la parte externa de la Bahía de La Paz. Se muestran las temporadas de veda oficiales para dos especies.

(**a**) *Thunnus albacares*; (**b**) *Paralichthys californicus*; (**c**) *Mugil cephalus*; (**d**) *Epinephelus itajara*; (**e**) *Eucinostomus argenteus, Eucinostomus gracilis, Gerres cinereus*.

and relies on relatively small boats (7 m), climate and oceanographic conditions have a greater effect on captures in the OB since these sites are more exposed to rough weather conditions. These landing fluctuations may have been caused by variability in the time at sea. The IB receives protection from the large islands in the OB and also from the many sheltered inlets along its coast. Other factors that may affect capture volumes are the red tides that occur frequently in La Paz Bay (Gárate-Lizárraga and Muñetón-Gómez 2005). Population dynamics, fishing effort, productivity, and water quality are some subjects that require study to fully understand the causes of the low production in the IB compared with the higher production in the OB.

Since La Paz Bay covers a considerable area, studies to determine stock abundance are difficult to conduct. Landing data must be very closely monitored for signs of weakening of individual fisheries. We recommend the implementation of fishery regulations such as capture quotas or fishing bans to improve the status of the fish breeding stocks and to allow more juveniles to recruit and increase the populations of these commercially important species. At present, overexploitation and a possible local shortage of species may occur at any time and without warning in the near future. Aside from fishery management, an attractive option for increasing the supply of marine resources in the area is to utilize the IB for marine fish farming.

Preliminary studies have estimated the carrying capacity in La Paz Bay and defined areas where yellowfin tuna aquaculture can be conducted (Lechuga-Devéze, unpublished data). La Paz Bay has a potential annual fish harvest of approximately 3200 t, without compromising its environmental integrity. This volume is considerably higher than the volume currently landed by artisanal fisheries in the bay (160 t yr^{-1}), and larger than the volume reported, for example, for Australia (800 t yr^{-1}), but smaller than the volume reported for Indonesia (52,800 t yr^{-1}) (Blaber *et al*. 2005). Similar to yellowfin tuna, the Pacific red snapper also has great potential to increase its annual production by aquaculture. A snapper farm should be able to produce smaller fish (25–40 cm) and meet the demand for this particular size range. Their appreciation in the Asian markets makes red snapper aquaculture an interesting option to diversify and increase fish production in La Paz Bay. Other high value species with good potential for aquaculture include the flounder, jacks, and sea bass. Technology for the captive breeding of these species is under development.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the financial support to project CONACYT-SEMARNAT 2006-C01-23449.

REFERENCES

Avilés QA, Castelló FO. 2004. Manual para el cultivo de *Seriola lalandi* (Pisces: Carangidae) en Baja California Sur, México.

especies. Se han relacionado las fluctuaciones en los volúmenes de captura con cambios ambientales causados por eventos de El Niño (Díaz-Uribe *et al*. 2004), y el bajo volumen de captura registrado en 2003 podría atribuirse, en parte, a esto. Es importante realizar estudios similares para asociar la ocurrencia de El Niño con las capturas en los años subsiguientes, cuando las condiciones vuelven a la normalidad, para poder determinar el grado del efecto de El Niño sobre las pesquerías artesanales de la Bahía de La Paz.

Las fluctuaciones en el volumen de captura fueron mayores en la parte externa que en la parte interna de la bahía. Ya que la pesquería es artesanal y depende de embarcaciones relativamente pequeñas (7 m), las condiciones climáticas y oceanográficas tienen mayor efecto sobre las capturas en la parte externa debido a que estos sitios están más expuestos a condiciones climatológicas turbulentas. Estas fluctuaciones podrían atribuirse a la variabilidad en el tiempo embarcado. La parte interna recibe protección de las islas grandes al exterior, así como de las muchas ensenadas resguardadas a lo largo de la costa. Otros factores que podrían afectar los volúmenes de captura son las mareas rojas que suceden con frecuencia en la Bahía de La Paz (Gárate-Lizárraga y Muñetón-Gómez 2005). La dinámica de poblaciones, el esfuerzo pesquero, la productividad y la calidad del agua son algunos temas que requieren estudiarse para entender bien las causas de la baja producción al interior de la bahía en comparación con la mayor producción al exterior.

La Bahía de La Paz cubre un área considerable, lo cual dificulta los estudios para determinar la abundancia de las poblaciones ícticas. Es necesario monitorear con cuidado los datos de captura para señales de debilitamiento de las pesquerías individuales. Recomendamos la implementación de regulaciones pesqueras, tales como cuotas de captura o vedas, para mejorar el estatus de las poblaciones reproductoras y permitir el reclutamiento de un mayor número de jóvenes, incrementando así las poblaciones de estas especies de importancia comercial. En la actualidad, la sobreexplotación y posibles reducciones de las poblaciones locales podrían suceder en cualquier momento y sin aviso dentro de un futuro próximo. Además del manejo de la pesquería, otra opción atractiva para incrementar el suministro de los recursos marinos en el área sería utilizar la parte interna de la bahía para la maricultura.

En estudios preliminares se ha estimado la capacidad de carga de la Bahía de La Paz y se han definido ciertas zonas donde se podría realizar la acuicultura del atún aleta amarilla (Lechuga-Devéze, datos no publicados). La bahía tiene una producción anual potencial de aproximadamente 3200 t, sin comprometer su integridad ambiental. Este volumen es considerablemente mayor que el que actualmente se captura por las pesquerías artesanales en la bahía (160 t $año^{-1}$), y es mayor que el volumen registrado, por ejemplo, para Australia (800 t $año^{-1}$) pero menor que el registrado para Indonesia (52,800 t $año^{-1}$) (Blaber *et al*. 2005). Al igual que el atún aleta amarilla, el huachinango *L. peru* tiene gran

potencial para incrementar su producción anual mediante la acuicultura. Una granja podría producir peces de menor tamaño (25–40 cm) y alcanzar la demanda para este intervalo de talla. Su apreciación en el mercado asiático convierte la acuicultura del huachinango en una opción interesante para diversificar e incrementar la producción íctica en la Bahía de La Paz. Otras especies de valor alto y con buen potencial acuicultural son el lenguado, los jureles y los meros (cabrillas). La tecnología para la producción en cautiverio de estas especies se encuentra bajo desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero proporcionado al proyecto CONACYT-SEMARNAT 2006-C01-23449.

Traducido al español por Christine Harris.

Instituto Nacional de la Pesca, Dirección General de Investigación en Acuacultura. México DF. 64 pp.

Arellano MM, Rojas HA, García DF, Ceballos VBP, Villarejo FM. 2001. Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner 1869) en las costas de Guerrero, México. Biol. Mar. Oceanogr. 36: 1–8.

Arreguín-Sánchez F, Hernández-Herrera A, Ramírez-Rodríguez M, Pérez-España H. 2004. Optimal management scenarios for the artisanal fisheries in the ecosystem of La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. Ecol. Model. 172: 373–382.

Blaber SJM, Dichmont CM, Buckworth RC, Badruin A, Sumiono B, Nurhakim S, Iskandar B, Fegan B, Ramm DM, Salini JP. 2005. Shared stocks of snappers (Lutjanidae) in Australia and Indonesia: Integrating biology, population dynmics and socio-economics to examine management scenarios. Rev. Fish Biol. Fish. 15: 111–127.

Casas VM, Ponce DG, Hernández LA, González OMA, Galván MF, Guzmán VE, Hernández VS, Vélez BA, Sui-Qui A. 1996. Recursos pesqueros y acuícolas de Baja California Sur: Estado actual y perspectivas de aprovechamiento y desarrollo. In: Casas-Valdez M, Ponce-Díaz G (eds.), Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, Gobierno del Estado de Baja California Sur, FAO, INP, UABCS, CICIMAR, CETMAR. pp 1–14.

Castello JP, Sunye PS, Haimovici M, Hellebrandt D. 2009. Fisheries in southern Brazil: A comparison of their management and sustainability. J. Appl. Ichthyol. 25: 287–293.

De los Monteros RLE. 2002. Evaluating ecotourism in natural protected areas of La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico: Ecotourism or nature-based tourism? Biodivers. Conserv. 11.

Díaz-Uribe JG, Chávez EA, Elorduy-Garay JF. 2004. Assessment of the Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) fishery in the south-western Gulf of California. Cienc. Mar. 30: 561–574.

Dooley JK. 1978. Systematics and biology of the tilefishes (Perciformes: Branchiostegidae and Malacanthidae) with descriptions of two news species. NOAA. Tech. Rep. NMFS Circ. No. 411: 1–78.

Erisman BE, Buckhorn ML, Hastings PA. 2007. Spawning patterns in the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, in comparison with other aggregating groupers. Mar. Biol. 151: 1849–1861.

Froese R, Pauly D. 2007. Fish Base World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org (ver. 10/2007).

Fry G, Milton DA, Van Der Velde T, Stobutzki I, Andamari R, Badruin, Sumiono B. 2009. Reproductive dynamics and nursery habitat preferences of two commercially important Indo-Pacific red snappers *Lutjanus erythopterus* and *L. malabaricus*. Fish Sci. 75: 145–158.

Gárate-Lizárraga I, Muñetón-Gómez MS. 2005. Florecimiento de *Gonyaulax polygramma* en la Bahía de La Paz, Golfo de California (octubre de 2004). In: Leal SA, Comas T, Romero C, Castellanos G, Delgado M, Perdomo L, Gómez A, Frías R, Cabrera R. (eds.), Memories VII Congreso de Ficología de Latinoamérica y el Caribe y V Reunión Iberoamericana de Ficología, 19–23 September 2005. Havana, Cuba, pp. 1–14.

Gladstone W. 2007. Temporal patterns of spawning and hatching in a spawning aggregation of the temperate reef fish *Chromis hypsilepis* (Pomacentridae). Mar. Biol. 151: 1143–1152.

Maldonado-García M, Vázquez-Hurtado M, Lechuga-Devéze C. 2010. El Niño influences fish capture in La Paz Bay, Gulf of California: Eight years of monitoring. In: Hall, J., Harrison, D.E. & Stammer, D. (eds.), Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Annex). Venice, Italy. Venice, Italy, 21-25 September 2009. ESA Publication WPP-306.

Ochoa BRS, García GM, Martínez RR. 1991. La actividad reproductiva de *Lutjanus peru* (Perciformes: Lutjanidae) en las costas de San José del Cabo, BCS. Book of Abstracts, II Congreso Nacional de Ictiología, San Nicolás de las Garzas, Nuevo León, México.

Prchalova M, Kubecka J, Cech M, Frouzova J, Drastik V, Hohausova E, Juringza T, Kratochvil M, Matena J, Peterka J, Riha M, Tuser M, Vasek M. 2009. The effect of depth, distance from dam and habitat on spatial distribution of fish in an artificial reservoir. Ecol. Freshwat. Fish 18: 247–260.

Ramírez-Rodríguez M. 1997. La producción pesquera en la Bahía de La Paz, BCS. In: Urbán-Ramírez J, Ramírez-Rodríguez M. (eds.), La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, SCRIPPS Institution of Oceanography, pp 273–281.

Ramírez-Rodríguez M, Hernández-Herrera A. 2000. Pesca artesanal en la costa oriental de Baja California Sur, México (1996–1997). In: Aburto-Oropeza O, Sánchez-Ortiz C. (eds.), Recursos Arrecifales del Golfo de California: Estrategias de manejo para las especies marinas de ornato. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Baja California Sur, Mexico. pp. 18–29.

Rocha-Olivares A. 1991. Edad y crecimiento del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy 1922) (Perciformes: Lutjanidae) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes, BCS. B.Sc. dissertation, Universidad Autónoma de Baja California Sur, 121 pp.

Santamaría-Miranda A, Elorduy-Garay JF, Villalejo-Fuerte M, Rojas-Herrera AA. 2003. Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. Rev. Biol. Trop. 51: 489–502.

Stauffer JR, Kocovsky PM. 2007. Exploring links between systematics and fisheries management. Trans. Am. Fish. Soc. 136: 1122–1125.

Urbán-Ramírez J, Ramírez-Rodríguez M. 1997. La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, SCRIPPS Institution of Oceanography. 345 p.p

Received December 2009;
accepted September 2010.